

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Специализация Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| |
|---|
| Тема работы |
| Проектирование релейной защиты линии электропередачи 110 кВ подстанция "Асино-220" – подстанция "Первомайская" Томской энергосистемы |

УДК 621.316.925.1

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------|----------------------|---------|------|
| 3-5А6А1 | Моор Андрей Иванович | | |

Руководитель ВКР:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Сулайманов А.О. | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОГСН ШБИП | Киселева Е. С. | к.э.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Антоневич О. А. | к.б.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Шестакова В.В. | к.т.н. | | |

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------------------------|--|--|
| <i>Универсальные компетенции</i> | | |
| P1 | <i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i> | Требования ФГОС (ОК-1, 3; ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI, работодателей</i> |
| P2 | <i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i> | Требования ФГОС (ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI, работодателей</i> |
| P3 | <i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i> | Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-1; ПК-1, 2, 3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI, работодателей</i> |
| P4 | <i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i> | Требования ФГОС (ОК-3; ОПК-1, 4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI, работодателей</i> |
| <i>Профессиональные компетенции</i> | | |
| P5 | <i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности, связанной с автоматизированными системами диспетчерского управления в электроэнергетике.</i> | Требования ФГОС (ОПК-4; ПК-4-6)*, Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI, работодателей</i> |
| P6 | <i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа при проектировании, эксплуатации и обслуживании автоматизированных систем диспетчерского управления электроэнергетических систем с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний,</i> | Требования ФГОС (ПК-1, 7,8). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI,</i> |

* Указаны коды компетенций по ФГОС (направление 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ № 1500 от 21.11.2014 г.

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|----------------|---|---|
| | аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности. | <i>работодателей</i> |
| P7 | Выполнять инновационные <i>инженерные проекты</i> по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем диспетчерского управления электроэнергетических систем с использованием современных методов проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных систем. | Требования ФГОС (ПК-2, 9, 10, 11). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i> |
| P8 | Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области автоматизированных систем управления электроэнергетических систем, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов. | Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . |
| P9 | Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; осуществлять профессиональную деятельность руководствуясь требованиями стандартов и рынка; разрабатывать планы и программы организации профессиональной деятельности на предприятии; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса. | Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 16-20, 24, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i> |
| P10 | Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные</i> , наладочные работы оборудования и программного обеспечения по профилю профессиональной деятельности. | Требования ФГОС (ПК-22, 23, 25, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i> |
| P11 | <i>Осваивать новое оборудование и программное обеспечение в сфере автоматизации диспетчерского управления</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс эксплуатируемых программно-технических комплексов и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт. | Требования ФГОС (ПК-27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i> |
| P12 | Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы. | Требования ФГОС (ПК-29, 30), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i> |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ В.В. Шестакова
 «__» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|---------|-----------------------|
| 3-5А6А1 | Моор Андрею Ивановичу |

Тема работы:

| | |
|---|---------------------------|
| Проектирование релейной защиты линии электропередачи 110 кВ подстанция "Асино-220" – подстанция "Первомайская" Томской энергосистемы | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 48-22/с 17.02.2021 |

| | |
|--|-------------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2021 |
|--|-------------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Схема сетевого района Томской ЭЭС 2. Параметры оборудования. |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткая характеристика защищаемого объекта 2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ 3. Выбор аппаратной реализации РЗ линии электропередачи 4. Выбор измерительных трансформаторов 5. Расчет уставок и чувствительности РЗ линии электропередачи 6. Финансовый менеджмент 7. Социальная ответственность |

| | |
|--|--|
| <p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p> | <p>1. Нормальная схема электрических соединений сетевого района линии 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС. 2. Совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности сетевого района линии 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС.</p> |
|--|--|

| | |
|---|---------------------------|
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Антоневич О. А.</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> | <p>Киселева Е. С.</p> |

| | |
|--|-------------------|
| <p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p> | <p>18.02.2021</p> |
|--|-------------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|------------------------|------------------------|---------|-------------------|
| <p>Доцент</p> | <p>Сулайманов А.О.</p> | <p>к.т.н.</p> | | <p>18.02.2021</p> |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|----------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| <p>3-5АБА1</p> | <p>Моор Андрей Иванович</p> | | <p>18.02.2021</p> |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

| |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|-------------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2021 |
|--|-------------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 01.03.21 | Раздел 1 | 15 |
| 15.03.21 | Раздел 2 | 15 |
| 01.04.21 | Раздел 3 | 20 |
| 20.04.21 | Раздел 4 | 10 |
| 26.05.21 | Раздел 5 | 20 |
| 27.04.21 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 10 |
| 12.05.21 | Социальная ответственность | 10 |
| | | 100 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------------|
| Доцент | Сулайманов А.О. | к.т.н. | | 18.02.2021 |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Шестакова В.В. | к.т.н., доцент | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 69 страниц, 2 рисунка, 18 таблиц, 22 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: установившийся режим релейная защита, уставка, чувствительность, микропроцессорный терминал, линия электропередачи

Объектом исследования являются релейная защита и автоматика линии электропередачи 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС.

Цель работы – Проектирование релейной защиты линии электропередачи 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС.

В процессе исследования проводились анализ защищаемого объекта, обоснование и выбор видов и состава релейной защиты, аппаратной реализации релейной защиты линии электропередачи, расчет уставок и чувствительности релейной защиты линии электропередачи.

В результате исследования обоснованы и выбраны виды и состав релейной защиты, аппаратная реализация релейной защиты линии электропередачи, рассчитаны уставки и чувствительности релейной защиты линии электропередачи.

Область применения:

1) Рассчитанные уставки могут использоваться проективными или энергетическими компаниями для обеспечения защиты линии электропередач 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС

Экономическая эффективность/значимость работы обеспечение надежной и бесперебойной работы линии электропередач 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС.

В будущем планируется рекомендовать проективным или энергетическим компаниями рассчитанные уставки.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ЭЭС - электроэнергетические системы;

РЗА - релейной защиты и автоматики;

АРМ СРЗА – программный комплекс для расчетов электрических величин при повреждениях сети и уставок релейной защиты;

КЗ – короткое замыкание;

УРОВ - устройство резервирования при отказе выключателя;

АПВ - автоматическое повторное включение;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

ТО – токовая отсечка

ТЗНП - токовая защита нулевой последовательности

ДЗ – дистанционная защита;

БНН - блокировки при неисправностях в цепях переменного напряжения;

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 10 |
| 1. Описание района энергосистемы..... | 13 |
| 2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ..... | 14 |
| 3. Выбор аппаратной реализации РЗ линии электропередачи..... | 15 |
| 3.1. Токовые ступенчатые защиты..... | 17 |
| 3.2. Комбинированная отсечка по току и напряжению..... | 19 |
| 3.3. Токовая защита нулевой последовательности..... | 20 |
| 4. Выбор измерительных трансформаторов..... | 26 |
| 5. Расчет уставок и чувствительности релейной защиты линии электропередачи..... | 28 |
| 5.1. Токовые ступенчатые защиты..... | 28 |
| 5.2. Комбинированная отсечка по току и напряжению..... | 29 |
| 5.3. Токовая защита нулевой последовательности..... | 32 |
| 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... | 36 |
| 7. Социальная ответственность..... | 52 |
| Заключение..... | 65 |
| Список литературы..... | 66 |
| Приложение А..... | 68 |
| Приложение Б..... | 69 |

Введение

Современные ЭЭС являются сложными многопараметрическими динамическими системами, все элементы которых жестко связаны между собой общими режимами работы, а также методами и средствами их реализации. Существующие тенденции развития ЭЭС ведут к их дальнейшему усложнению и насыщению средствами централизованной автоматики релейной защиты, что еще более усиливает жесткость взаимодействий. В частности создаются и вводятся в эксплуатацию новые защиты для линий электропередач, для крупных генераторов, трансформаторов и энергоблоков. От надежности их защиты зависит бесперебойное электроснабжение потребителей. В этом большую роль играет релейная защита, которая является основным видом автоматики, без которой невозможна надежная работа современных электрических систем. Она осуществляет непрерывный контроль за состоянием и режимом работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов

В настоящее время в электроустановках используются устройства РЗА трех видов, которые отражают три поколения развития аппаратуры РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последний вид. Так как идет процесс по внедрению микропроцессорных устройств в электроустановках, с каждым разом публикуется достаточное количество учебных материалов, при проектировании РЗА необходимо обращаться как к современным и перспективным микропроцессорным устройствам.

Устройства РЗА в совокупности представляют собой сложную многоступенчатую систему, предназначенную для бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии и сохранения устойчивой работы синхронных генераторов. Однако выполнить свою задачу эти устройства могут лишь в случае, если они отвечают комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных РЗА этим

требованиям обеспечивается, в основном, на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным.

В данной работе поставлена задача выбора и расчет уставок релейной защиты воздушной линии электропередач 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС.

Для выполнения поставленной задачи использовался вычислительный расчетный комплекс «АРМ СРЗА» (ПК «БРИЗ», г.Новосибирск), который принят в промышленную эксплуатацию в качестве основного программного средства в ЦДУ ЕЭС, ОДУ Востока, ОДУ Сибири, ОДУ Урала, ОДУ Средней Волги, ОДУ Центра, ОДУ Северного Кавказа, ОДУ Северозапада, всеми РДУ этих ОДУ. АРМ СРЗА передан в эксплуатацию во все МЭС Федеральной сетевой компании, а также в энергетические компании Белоруссии, Казахстана, Латвии, Литвы, Монголии.

АРМ СРЗА позволяет:

Строить математическую модель электрической сети с неограниченным объемом узлов и связей, как в графическом, так и в табличном виде. Экспортировать графическое изображение сети в формат CorelDRAW, AutoCAD. Производить экспорт/импорт электрической части модели сети (ветви и её параметры) в формат программы Excel.

Производить расчеты электрических величин в сети неограниченного объема, при повреждениях любой сложности, с учетом групп ветвей взаимоиנדукции, активной составляющей сопротивлений, отличия величины сопротивлений прямой и обратной последовательностей и фактических групп соединения обмоток трансформаторов в трехфазной симметричной сети любого напряжения. Получать выходные документы в формате Word и Excel.

Производить расчет уставок микропроцессорных защит, токовых ступенчатых защит от замыканий на землю, дистанционных защит типа ЭПЗ-1636, ДЗ-503, ПЗ-5, ПДЭ-2001, ШДЭ-2801,БРЭ-2801, токовых защит от междуфазных К.З., микропроцессорных дистанционных защит НПП «ЭКРА»,

SIEMENS, ALSTOM. Получать выходные документы в формате пакета Word, производить экспорт релейного фонда в формат программы Excel.

Получать новую сеть на базе эквивалента сети. Производить расчет параметров производной схемы замещения (шунтов) для повреждений любой сложности, с учетом параметров взаимоиндукции ветвей нулевой последовательности.

Производить расчеты по определению места повреждения сети:

- расчет таблиц для определения мест повреждений сети;
- расчет места повреждения сети (ОМП) по показаниям приборов.

1. Описание района энергосистемы

Объект: релейная защита линии электропередач 110 кВ подстанция Асино – подстанция Первомайская Томской ЭЭС. расчет для комплекса со стороны подстанции Асино. Для формирования расчётных схем будем использовать схему Томской ЭЭС, которая фактически является схемой электрических соединений для нормального оперативного режима.

Район для проектирования РЗА должен содержать кроме заданных автоматизируемых элементов также два уровня периферий из предыдущих элементов в направлении действия комплектов РЗА по концам заданной линии и два уровня периферий: одного - из смежных элементов, а другого - из предыдущих относительно смежных элементов в основном направлении (т.е. в направлении сети) действия резервных защит каждой из сторон заданного трансформатора или автотрансформатора, энергоблока:

Выбранный таким путем район (Приложение А) представляет собой в ряде случаев весьма обширную схему, однако волевое сокращение ее, хотя и упрощает, но не облегчает в последующем задачу проектирования РЗА.

Для выбранного района расчетной схемы составляется совмещенная схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности (Приложение Б) для расчетов вынужденных синусоидальных электрических величин при повреждениях в сверхпереходный период и при необходимости в установившемся режиме КЗ.

2. Выбор и обоснование видов и состава РЗ

Для линий напряжением 110 кВ и выше должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от замыканий на землю. Тип основной защиты линии определяют, исходя из требований сохранения устойчивости работы энергосистемы [1, 2, 3]. Считается, что требования по устойчивой работе энергосистемы, как правило, удовлетворяются, если трехфазные КЗ на линиях, сопровождающиеся снижением напряжения на питающих шинах, ниже $(0,6 \dots 0,7) U_{ном}$, отключаются без выдержки времени (при условии, что расчеты устойчивости не предъявляют других, более жестких требований). Кроме того, применение быстродействующей защиты может оказаться необходимым, когда повреждения, отключаемые с выдержкой времени, могут привести к нарушению работы ответственных потребителей или к недопустимому нагреву проводников, а также при необходимости осуществления быстродействующего АПВ.

На тупиковых линиях напряжением 110—220 кВ следует устанавливать ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или скорости отключения повреждения, предусматривается ступенчатая дистанционная защита. В этом случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать мгновенную токовую отсечку.

Для защиты от замыканий на землю предусматривается ступенчатая токовая защита нулевой последовательности (направленная или ненаправленная).

В данной работе на первом этапе приняты к расчету ступенчатая токовая защита и токовая защита нулевой последовательности. Если ступенчатая токовая защита не будет удовлетворять требованиям по чувствительности, то она будет заменена ступенчатой защитой по току и напряжению: комбинированная отсечка по току и напряжению.

3. Выбор аппаратной реализации РЗ линии электропередачи

Выбранные защиты могут быть реализованы с помощью панели защиты ЭПЗ 1636-67 или комплекта ступенчатых защит линии с функцией автоматике управления линейным выключателем КСЗ Р0301 компании ОАО «НИПОМ».

Шкаф РЗА Р0301 позволяет реализовать следующие функции защиты и автоматике: комплект ступенчатых защит (дистанционная защита, токовая направленная защита нулевой последовательности, максимальная токовая защита) с функцией приема сигналов с противоположного конца линии, межфазовая токовая отсечка, автоматика управления выключателем, устройство резервирования отказа выключателя, трехфазное автоматическое повторное включение, автоматика разгрузки перегрузки по току. Кроме этого в изделии предусмотрена функция регистрации аварийных событий при срабатывании пусковых органов (ПО) различных видов защит, осуществляющая запись аналоговых и дискретных сигналов в виде стандартного COMTRADE-файла с частотой дискретизации, соответствующей стандарту МЭК 61850 и составляющей 256 отчетов на период промышленной частоты. Полученный файл можно открыть и проанализировать как с помощью специализированного программного обеспечения ОАО «НИПОМ», так и с помощью сторонних программ, поддерживающих формат COMTRADE.

В рамках данной работы была выбрана панель ЭПЗ 1636-67. Защиты, установленные на панели ЭПЗ 1636-67, разделены на два независимых комплекса:

- первый комплекс состоит из двухступенчатой (первая и вторая ступени) дистанционной защиты при многофазных замыканиях и четвертой ступени токовой направленной защиты нулевой последовательности при замыканиях на землю;

- второй комплекс состоит из одноступенчатой (третьей ступени) дистанционной защиты, токовой отсечки при многофазных замыканиях и

трехступенчатой (первая, вторая и третья ступени) токовой направленной защиты нулевой последовательности при замыканиях на землю.

Панель ЭПЗ 1636-67 может быть использована:

- в качестве единой, т.е. основной и резервной защиты линий;
- в качестве резервной защиты линий, при наличии отдельной основной;

при этом дистанционная защита первого комплекса должна выполняться с пуском от реле сопротивления третьей ступени;

- для выполнения направленной защиты с высокочастотной блокировкой.

Структура условного обозначения:

- ЭПЗ - электрическая панель защиты;
- 1636 - порядковый номер разработки;
- 67 - год разработки;
- X - модификация: панели (шкафа):

- 1 – с устройством блокировки при качаниях типа БЭ 2603 (блок реагирует на превышение напряжения обратной последовательности и 3I_о);

- 2 - с устройством блокировки при качаниях типа БЭ 2604 (блок реагирует на изменение во времени вектора тока обратной и прямой последовательности);

Технические характеристики панели ЭПЗ 1636-67 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические данные панели ЭПЗ 1636-67

| | |
|---|--|
| Номинальный переменный ток, А | 1 или 5 |
| Номинальное напряжение, V | 100 |
| Номинальная частота, Hz | 50 |
| Номинальное напряжение оперативного постоянного тока, V | 110 или 220 |
| Ток срабатывания реле указательных 6РУ, 7РУ комплекта ДЗ 2 и реле указательных РУ4 (КН4)*, РУ5 (КН5)*, серии РУ 21, отдельно стоящих на панели или в шкафу, А | 0,5 или 1 |
| Ток срабатывания токовой "отсечки" на максимальных уставках реле тока, А | 0,2; 0,6; 2; 6;10; 20; 50; 100 или 200 |
| Ток срабатывания каждой из четырех ступеней токовой защиты | 0,2; 0,6; 2; 6; 10; 20; |

| | |
|---|-----------------|
| нулевой последовательности на максимальных уставках реле тока, А | 50; 100 или 200 |
| Потребляемая мощность цепей напряжения переменного тока при напряжении 100 В, VA/фазу, не более: | 37 |
| Потребляемая мощность цепей переменного тока (без учета потребления реле тока), VA/фазу, не более | 7 |
| Потребление по цепям 3U ₀ , VA/фазу, не более | 15 |

3.1. Токовые ступенчатые защиты

Токовые ступенчатые защиты от междуфазных КЗ широко используют на тупиковых линиях 110—220 кВ. В качестве первой ступени, выполняемой, как правило, без выдержки времени, применяют токовую отсечку. Первичный ток срабатывания токовой отсечки, установленной на линии и выполняемой без выдержки времени, определяется следующими условиями [3, 4, 5]:

1) отстройка от максимального тока внешнего КЗ по выражению

$$I_{C3} = k_H \cdot I_{K3\max}$$

k_H – коэффициент надежности, примем равным 1,2.

$I_{K3\max}$ – максимальное значение периодической составляющей тока в месте установки защиты при внешнем трехфазном КЗ (на шинах ПС, связываемых защищаемой линией или за наиболее мощным трансформатором ответвительной ПС);

2) от тока самозапуска нагрузки всех подстанций:

$$I_{C3} = k_H \cdot k_3 \cdot I_{\text{раб}\max}$$

k_H – коэффициент надежности, примем равным 1,3.

k_3 – коэффициент самозапуска, пример равным 2..

$I_{\text{раб}\max}$ – суммарный ток всех подстанций, пример равным максимально допустимому току линии.

3) отстройка от броска тока намагничивания трансформаторов по выражению

$$I_{C3} = k_H \cdot \sum I_{\text{номтр}}$$

k_H – коэффициент надежности, принимается равным 3–4 при условии введения небольшой задержки (0,05 с дополнительно к собственному времени срабатывания ТО) либо более или равным 5 (учитывая собственное время срабатывания, равное 0,02–0,04 с);

$\sum I_{номтр}$ – сумма номинальных токов всех трансформаторов, которые одновременно могут включаться под напряжение.

Проверка чувствительности ТО производится по выражению[^]

$$k_{\text{Ч}} = \frac{I_{\text{КЗ}_{\text{мин}}}}{I_{\text{СЗ}}}$$

$I_{\text{КЗ}_{\text{мин}}}$ — ток, проходящий через защиту при замыкании в начале линии в минимальном режиме работы системы. Значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 1,2 [1, 5].

Основными достоинствами токовых отсечек без выдержки времени являются: селективное действие и в сетях сложной конфигурации с любым числом источников питания; быстрое отключение наиболее тяжелых КЗ, возникающих вблизи шин станций и подстанций; простота схемы. Основными недостатками являются: защита только части длины линии; зависимость защищаемой зоны от режима работы системы и переходного сопротивления в месте КЗ. В связи с указанным токовые отсечки без выдержки времени как отдельные защиты применяются в виде дополнительных защит, предназначенных для сокращения времени отключения наиболее тяжелых повреждений. При этом защищаемая зона должна быть не менее 15-20% длины линии.

Токовые отсечки часто не обладают достаточной чувствительностью. Повышение чувствительности защит может быть достигнуто применением комбинированной отсечки по току и напряжению.

Комбинированная отсечка по току и напряжению представляет собой защиту, селективность действия которой при КЗ вне защищаемой зоны

достигается комбинированной отстройкой по току и напряжению (для отсечки с выдержкой времени также и по времени срабатывания).

3.2. Комбинированная отсечка по току и напряжению

Ток срабатывания защиты определяют исходя из требования достаточной чувствительности защиты при минимальном значении тока двухфазного КЗ в конце защищаемой линии ($I_{КЗмин}$):

$$I_{C3} = \frac{I_{КЗмин}}{k_{\text{Ч}}}$$

$k_{\text{Ч}}$ – требуемый коэффициент чувствительности по току.

Для предотвращения неправильного действия защиты при нарушении цепей напряжения ток срабатывания защиты должен быть отстроен от максимального рабочего тока ($I_{\text{рабмакс}}$):

$$I_{C3} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{рабмакс}}}{k_{\text{в}}}$$

$k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата токового реле.

Окончательно ток срабатывания выбирают по большему из двух значений.

Напряжение срабатывания выбирается таким образом, чтобы оно было меньше остаточного напряжения в месте установки отсечки при прохождении по защищаемой, линии тока КЗ, равного по значению току срабатывания отсечки:

$$U_{C3} = \frac{\sqrt{3} I_{C3} (z_{\text{л}} + z_{\text{тр}})}{k_{\text{н}}}$$

$z_{\text{л}}$ и $z_{\text{тр}}$ – сопротивления линии и трансформатора.

$k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, примем равным 1,3.

Такой выбор напряжения срабатывания исключает возможность срабатывания защиты при любых токах повреждения, проходящих по линии при внешних КЗ.

Вторым условием выбора напряжения срабатывания защиты является отстройка его от минимального рабочего напряжения по условию:

$$U_{CЗ} = U_{раб\ мин} \cdot k_{отс} = 0,7 \cdot U_{раб\ мин}$$

Принимается меньшее значение $U_{CЗ}$.

При КЗ в конце защищаемой линии защита должна обладать достаточной чувствительностью по напряжению. Допускается минимальный коэффициент чувствительности:

$$k_{ч} = \frac{U_{CЗ}}{U_{ост}} \geq 1,5$$

$U_{ост}$ – остаточное напряжение в месте установки отсечки.

3.3. Токовая защита нулевой последовательности.

В схеме четырехступенчатой токовой защиты нулевой последовательности – для линий 110-500 кВ [4, 6, 7], имеющих питание с двух и более сторон, все ступени, кроме последней, являются токовыми отсечками и предназначены в основном для действия при замыканиях на землю в пределах защищаемой линии и на шинах противоположной подстанции. Последняя ступень предназначена в основном для осуществления резервирования при замыканиях на землю на предыдущей линии. ТЗНП использует факт появления в токах и напряжениях составляющих нулевой последовательности и применяется для защиты от КЗ на землю. Токовая защита нулевой последовательности выполнена с использованием реле тока, включаемых в нулевой провод токовых цепей (фильтр тока нулевой последовательности).

Для обеспечения селективности действия защиты смежных ВЛ время действия защит выполняют в зависимости от расстояния до места КЗ: чем

меньше ток срабатывания, то есть чем дальше КЗ, тем дольше время срабатывания.

I ступень.

Ток срабатывания первой ступени защиты при выполнении ее без выдержки времени выбирается по условиям отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты:

а) При замыкании на землю на шинах противоположной подстанции при отключенной и заземленной на обоих концах параллельной линии;

б) При каскадном отключении замыкания на землю одной фазы на параллельной линии вблизи шин подстанции, на которой установлена защита.

Ток срабатывания первой ступени защиты определяется по выражению.

$I_{0\text{с.з.}} \geq k_{\text{отс}} \cdot 3I_0$, где $3I_0$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции; $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета, влияние апериодической составляющей и необходимый запас. Принимаем $k_{\text{отс}} = 1.3$.

Выбранная защита должна удовлетворять требованиям чувствительности при металлических замыканиях на землю в расчетном режиме.

Чувствительность защиты должна проверяться при замыкании на землю одной фазы. Однако в ряде случаев должна также проверяться чувствительность защиты и при замыкании на землю двух фаз. Это необходимо, если при замыкании на землю двух фаз защита от многофазных замыканий оказывается нечувствительной, например при КЗ в зоне резервирования, или возможно значительное ее замедление, например при переходе замыкания одной фазы в замыкание двух фаз на землю, если не предусмотрено действие второй ступени дистанционной защиты без блокировки при качаниях; обеспечение чувствительности защиты при

замыкании на землю двух фаз в последнем случае может предотвратить замедление отключения КЗ.

Коэффициент чувствительности реле тока защиты определяется по выражению $k_q = 3I_{0\min} / I_{0\text{с.з.}}$.

где $3I_{0\min}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при расчетном виде замыкания на землю в расчетном режиме;

$I_{0\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания соответствующей ступени защиты.

Для токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности должны обеспечиваться следующие минимальные значения коэффициента чувствительности для реле тока:

а) при замыкании на землю в конце защищаемой линии без учета резервного действия – около 1.5, а при наличии надежно действующей резервной ступени – около 1.3; при наличии на противоположной подстанции отдельной защиты шин допускается обеспечивать коэффициент чувствительности в режиме каскадного отключения около 1.5;

б) при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции – около 1.5;

в) при замыкании на землю в конце зоны резервирования в режиме каскадного отключения повреждения для последней ступени защиты – не менее 1.2.

Следует учитывать, что при замыкании на землю по пункту «а» в случае использования рассматриваемой защиты в качестве основной, а также при замыкании на землю по пункту «б» в случаях, когда специальная защита шин не предусматривается, выдержка времени защиты, как правило, не должна превышать 1.5 с.

II ступень.

Ток срабатывания второй ступени защиты (отсечки с выдержкой времени) выбирается по условиям:

а) отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю за предыдущим автотрансформатором на стороне его смежного (среднего) напряжения (примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью);

б) согласования с первой ступенью защиты предыдущей линии или защиты от замыканий на землю предыдущего автотрансформатора установленной на стороне смежного напряжения (последнее производится вместо условия «а» в случае, если это необходимо для повышения чувствительности защиты);

в) отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ на защищаемой или предыдущей линии, а также в длительном неполнофазном режиме на предыдущей линии.

В целях повышения чувствительности может оказаться целесообразным согласовывать вторую ступень не с первой (по п. «б»), а со второй ступенью защиты предыдущей линии.

Выдержка времени второй ступени защиты должна быть согласована с выдержками времени ступеней защит предыдущих элементов, с которыми производится согласование.

III ступень.

Ток срабатывания третьей ступени (отсечки с выдержкой времени) выбирается по условиям:

а) согласование с защитой предыдущей линии (со второй или третьей ее ступенью; последнее в случае, если при согласовании со второй ступенью защиты предыдущей линии рассматриваемая третья ступень не удовлетворяет требованиям чувствительности) или защитой от замыканий на землю предыдущего автотрансформатора, установленной на стороне смежного напряжения (с первой ее ступенью, если вторая ступень рассматриваемой

защиты отстроена от замыкания на землю на шинах этого напряжения, или со второй ее ступенью, если вторая ступень рассматриваемой защиты согласована с первой ступенью защиты автотрансформатора);

б) согласование с первой или второй ступенью СТЗНП автотрансформатора со стороны его среднего напряжения расположенного на противоположном конце линии.

Выдержка времени третьей ступени защиты должна быть согласована с выдержками времени соответствующих ступеней защит предыдущих элементов.

IV ступень.

Ток срабатывания четвертой ступени должен быть отстроен от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при внешних замыканиях между фазами, если рассматриваемая ступень защиты нулевой последовательности имеет выдержку времени, равную или меньшую, чем защита от замыканий между фазами на поврежденном элементе. Как правило, указанное соответствует условию отстройки от токов небаланса при КЗ между тремя фазами за трансформаторами и на стороне низшего напряжения автотрансформаторов подстанции данного и противоположного концов линии.

Ток срабатывания защиты, выбираемый по рассматриваемому условию, определяется по выражению:

$I_{0\text{с.з.}} = K_{отс} \cdot K_{пер} \cdot I_{0нб,y}$, где $I_{0нб,y}$ – ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока в установившемся режиме при рассматриваемых внешних КЗ между тремя фазами;

$K_{отс}$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета и необходимый запас, принимается равным 1.25;

$K_{пер}$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме, принимается равным:

2 – при выдержке времени рассматриваемой ступени до 0.1 сек.;

1.5-при выдержке времени до 0.3 с;

1-при выдержке времени выше 0.5-0.6 с.

Ток небаланса может быть приближенно определен по выражению

$I_{0нб,y} = \kappa_{нб} \cdot I_{расч}$, где $I_{расч}$ – максимальное значение фазного тока,

проходящего в месте установки рассматриваемой защиты при внешнем КЗ между тремя фазами;

$\kappa_{нб}$ – коэффициент небаланса.

Коэффициент небаланса принимается в зависимости от кратности $I_{расч}$:

а) при небольших кратностях, до $(2-3)I_{ном}$, $\kappa_{нб} = 0.05$;

б) при больших кратностях, но не превосходящих $(0.7-0.8) I_{к10}$ ($I_{к10}$ – предельная кратность первичного тока трансформаторов тока при 10%-ной погрешности), $\kappa_{нб} = 0.05-0.1$;

в) при кратностях, больших $(0.7-0.8) I_{к10}$ проводится специальный расчет.

Уставка IV ступени СТЗНП выбирается из условия:

а) отстройки от суммарного тока небаланса ФНП в максимальном рабочем режиме.

б) отстройки от суммарного тока небаланса ФНП при 3х-фазном КЗ за треугольниками автотрансформаторов с обеих сторон линии.

4. Выбор измерительных трансформаторов.

Трансформатор тока предназначен для преобразования первичного тока до значения, наиболее удобных для измерительных приборов и реле (1 и 5А), для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения [1, 4].

При трансформации тока ТТ имеют погрешность в следствии:

- конструктивных особенностей (сечение магнитопровода, магнитной проницаемости, средней длины магнитного пути)
- вторичной нагрузки (сопротивлений приборов, проводов, контактов), кратности первичного тока по отношению к номинальному. Увеличение этих параметров увеличивает погрешность.

Нормальная работа ТТ осуществляется в режиме близкому к КЗ, когда нагрузка имеет малое сопротивление. В режиме ХХ: магнитопровод за счет увеличения магнитного потока будет нагреваться, а на вторичной разомкнутой обмотке появится высокое напряжение.

Выбор ТТ:

- По напряжению:
- По конструкции и схеме соединения обмоток.
- По классу точности.
- По вторичной нагрузке: $R_{ПРИБ1} = S_{ПР} / I_{ВТОР}^2$

Допустимое:

$$R_{ПР} = R2 - R_{ПРИБ1} - R_K, \quad R_K - \text{сопротивление контактов} = 0,1\text{Ом}, \quad R2 -$$

номинальное допустимая нагрузка трансформатора тока.

Выбираем ТТ для наружной установки ТФЗМ 110Б

| Uном, кВ | Iном, пер, А | Iном, втор, А |
|----------|--------------|---------------|
| 110 | 600 | 5 |

Трансформатор напряжения.

Предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения ($100; 100/\sqrt{3}$) и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения [1, 4].

ТН работает в режиме близкому к ХХ, так как сопротивление парцельных катушек и реле большое, а ток, потребляемый ими, невелик.

Погрешность коэффициентов трансформации связаны:

- рассеяние магнитного потока и потери в сердечнике
- вектор напряжения относительно вектора первичного напряжения сдвинут не точно на 180гр. – угловая погрешность.
- конструкции магнитопровода, магнитной проницаемости стали и коэффициента мощности вторичной нагрузки.

Выбор ТН:

- по напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- классу точности;
- по конструкции и схеме соединения обмоток;
- по вторичной нагрузке $S_2 \leq S_{2ном}$, где $S_{2ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности, при этом следует иметь в виду, что для однофазных трансформаторов, соединенных в звезду, следует взять суммарную мощность всех трех фаз, а для соединенных по схеме открытого треугольника – удвоенную мощность одного трансформатора; S_2 - нагрузка всех приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, ВА. Выбираем НКФ-110-58.

5. Расчет уставок и чувствительности релейной защиты линии электропередачи

С помощью программного комплекса АРМ СРЗА рассчитаем уставки и чувствительности релейной защиты линии электропередачи (комплект со стороны ПС Асино).

5.1. Токовые ступенчатые защиты

Первичный ток срабатывания токовой отсечки, установленной на линии и выполняемой без выдержки времени, определяется следующими условиями:

- 1) отстройка от максимального тока внешнего КЗ по выражению

$$I_{CЗ} = k_H \cdot I_{KЗмакс}$$

k_H – коэффициент надежности, примем равным 1,2.

$I_{KЗмакс}$ – максимальное значение периодической составляющей тока в месте установки защиты при внешнем трехфазном КЗ (на шинах ПС, связываемых защищаемой линией или за наиболее мощным трансформатором ответвительной ПС);

| | |
|---------------|--------------------------|
| ЭЛ АС-185 | ПС АСИНО-110 |
| Защита 10011 | Тип МФТЗ |
| Ветвь 89-8901 | КТТ |
| Узел | КТН |
| | СЕТЬ: ЭС Томской области |
| | Ступень 1 |

| Расч условие | Имя | Знач | К | Повреждение | Подрежим | Эл величины |
|--------------|-----|------|------|----------------------------|----------|-------------|
| ОТСТРОЙКА | УСТ | 3673 | 1.20 | ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 8901 | | IV=3061 159 |

- 2) от тока самозапуска нагрузки всех подстанций:

$$I_{CЗ} = k_H \cdot k_3 \cdot I_{рабмакс} = 1,3 \cdot 2 \cdot 510 = 1326A$$

k_H – коэффициент надежности, примем равным 1,3.

k_3 – коэффициент самозапуска, пример равным 2..

$I_{рабмакс} = 510A$ – суммарный ток всех подстанций, например равный максимально допустимому току линии.

- 3) отстройка от броска тока намагничивания трансформаторов по выражению

$$I_{C3} = k_H \cdot \sum I_{номтр} = 931 \cdot 3 = 2793A$$

k_H – коэффициент надежности, принимается равным 3–4 при условии введения небольшой задержки (0,05 с дополнительно к собственному времени срабатывания ТО) либо более или равным 5 (учитывая собственное время срабатывания, равное 0,02–0,04 с);

$\sum I_{номтр} = I_{ном.ВН} \cdot 2 = 931A$ – сумма номинальных токов всех трансформаторов, которые одновременно могут включаться под напряжение.

Номинальный ток трансформатора можно определить на основании мощности трансформатора:

$$I_{ном.ВН} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 465 A$$

Принимаем наибольшее значение: уставка защиты $I_{C3} = 3673A$

Проверка чувствительности:

| | |
|---------------|--------------------------|
| ЭЛ АС-185 | ПС АСИНО-110 |
| Защита 10011 | Тип МФТЗ |
| Ветвь 89-8901 | КТТ |
| Узел | КТН |
| | СЕТЬ: ЭС Томской области |
| | Ступень 1 |

| Расч условие | Имя | Знач | К | Повреждение | Подрезим | Эл величины |
|---------------|------------------|---------------------|------|----------------------------|----------|-------------------------|
| ОТСТРОЙКА | УСТ | 3673 | 1.20 | ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 8901 | | IV=3061 159 |
| ЧУВСТВИ-НОСТЬ | УСТ КСХ РТ | 3673 1.73 АВС | 0.18 | ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 89 | | IV=534 13 Ip=1115 13 |

Коэффициент чувствительности должен быть больше 1,2. Данное условие не выполняется, поэтому для повышения чувствительности применим комбинированную отсечку по току и напряжению.

5.2. Комбинированная отсечка по току и напряжению

Ток срабатывания защиты:

$$I_{C3} = \frac{I_{КЗмин}}{k_{Ч}} = \frac{1904}{1,2} = 1586A$$

$k_{Ч}$ – требуемый коэффициент чувствительности по току.

$I_{K3\min}$ – минимальное значение тока двухфазного КЗ в конце защищаемой линии.

Для предотвращения неправильного действия защиты при нарушении цепей напряжения ток срабатывания защиты должен быть отстроен от максимального рабочего тока ($I_{\text{рабмакс}}$):

$$I_{C3} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{рабмакс}}}{k_{\text{в}}} = \frac{1,2 \cdot 510}{0,95} = 644 \text{ A}$$

$k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, примем равным 1,2;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата токового реле, примем равным 0,95.

Принимаем наибольшее значение: уставка защиты $I_{C3} = 1586 \text{ A}$

Напряжение срабатывания выбирается таким образом, чтобы оно было меньше остаточного напряжения в месте установки отсечки при прохождении по защищаемой, линии тока КЗ, равного по значению току срабатывания отсечки:

$$U_{C3} = \frac{\sqrt{3} I_{C3} (z_{\text{л}} + z_{\text{мп}})}{k_{\text{н}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1586 (9,3 + 142)}{1,3} = 315848 \text{ В}$$

$$z_{\text{л}} = |3,3 + j8,8| = 9,3 \text{ Ом}$$

$$z_{\text{мп}} = |5,3 + j142,1| = 142 \text{ Ом}$$

$k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, примем равным 1,3.

Такой выбор напряжения срабатывания исключает возможность срабатывания защиты при любых токах повреждения, проходящих по линии при внешних КЗ.

Вторым условием выбора напряжения срабатывания защиты является отстройка его от минимального рабочего напряжения по условию:

$$U_{C3} = U_{\text{рабмин}} \cdot k_{\text{отс}} = 0,7 \cdot U_{\text{рабмин}} = 77 \text{ кВ}$$

Принимается меньшее значение $U_{C3} = 77 \text{ кВ}$.

При КЗ в конце защищаемой линии защита должна обладать достаточной чувствительностью по напряжению. Допускается минимальный коэффициент чувствительности:

$$k_u = \frac{77}{47} = 1,6$$

$U_{ост}$ – остаточное напряжение в месте установки отсечки при КЗ в конце защищаемой линии.

Требование по чувствительности выполняется $k_u \geq 1,5$.

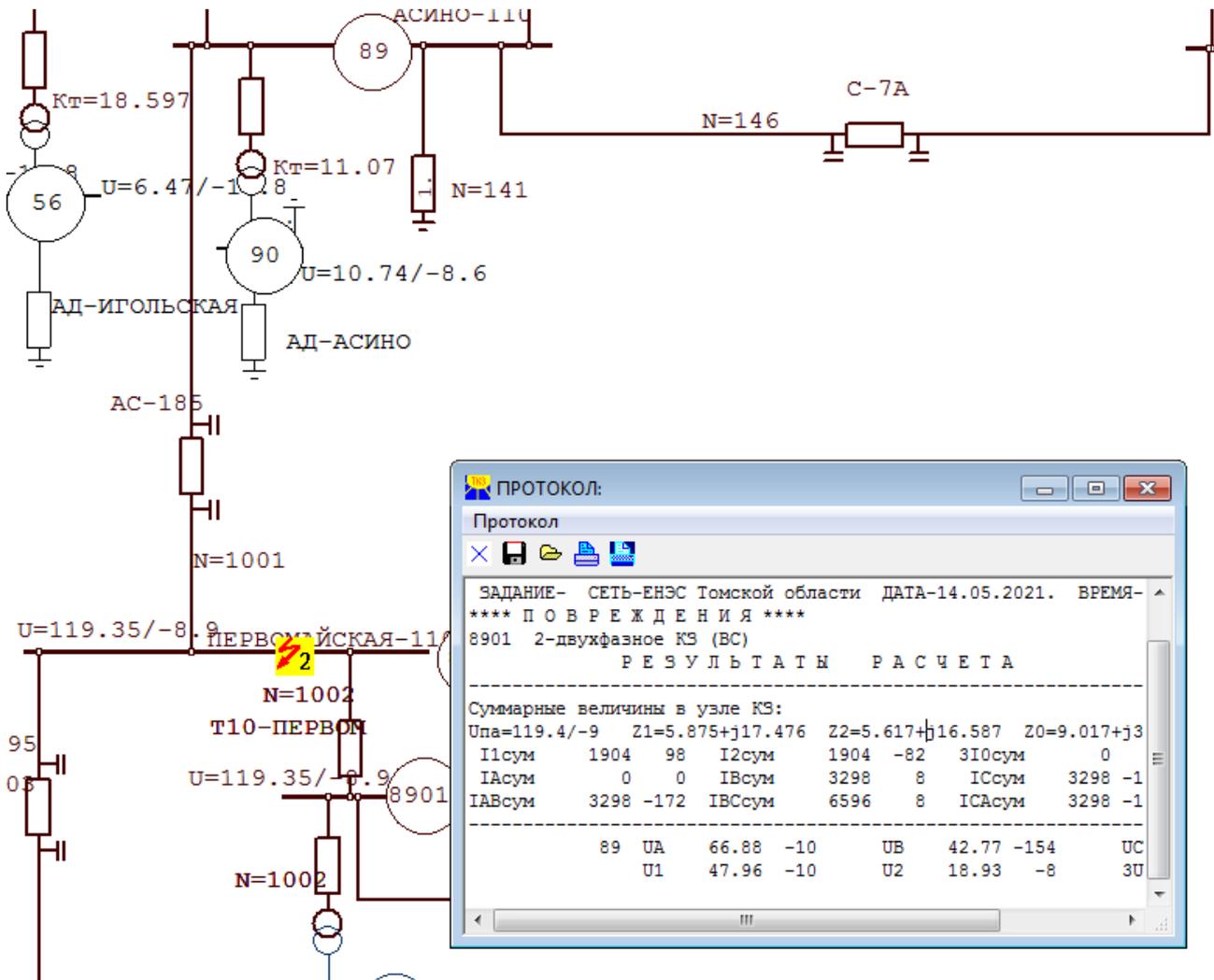


Рисунок 1 – Определение остаточного напряжения в месте установки токовой отсечки.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту

| | |
|---------------|-----------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-5А6А1 | Моор Андрею Ивановичу |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Школа | ИШЭ | Отделение (НОЦ) | ОЭЭ |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | -30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %. |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ. |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Формирование плана и графика разработки: -определение трудоемкости работ; -определение структуры работ; -разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления -заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | Определение ресурсоэффективности проекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности НИ 2. Матрица SWOT 3. Цели и результат проекта 4. Диаграмма Гантта 5. Основные показатели эффективности НИ 6. Расчёт бюджета исследования |
|--|

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОГСН ШБИП | Киселева Елена Станиславовна | к.э.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|----------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-5А6А1 | Моор Андрей Иванович | | |

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью финансового менеджмента является оценка проектируемой модели в рамках работы релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Асино-220 – Первомайская Томской энергосистемы с точки финансового менеджмента и ресурсоэффективности. Для решения цели были поставлены следующие задачи:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать конкурентные технические решения проекта;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Ганта
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.2 Анализ конкурентных технических решений

В данном разделе будет произведён анализ конкурентных технических решений, наиболее распространённых на данный момент типов реле:

- Микропроцессорное;
- Аналоговое;
- Электромеханическое.

Сравнение поможет определить наиболее конкурентоспособный тип реле, который будет востребован на рынке, иметь направления развития в будущем, обладать всеми возможностями, которые необходимы для надёжной и эффективной работы в электроэнергетике.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | Б _{мпр} | Б _{ан} | Б _{э/м} | К _{мпр} | К _{ан} | К _{э/м} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Точность измерения | 0,2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0,6 | 0,6 |
| 2. Компактность | 0,08 | 5 | 4 | 3 | 0,4 | 0,32 | 0,24 |
| 3. Безопасность | 0,16 | 5 | 3 | 2 | 0,8 | 0,48 | 0,32 |
| 4. Надежность в работе | 0,12 | 5 | 3 | 3 | 0,6 | 0,36 | 0,36 |
| 5. Возможность ремонта собственными силами | 0,04 | 1 | 2 | 5 | 0,04 | 0,08 | 0,2 |
| 6. Функциональные возможности (например, вывод измеряемых величин) | 0,05 | 5 | 4 | 3 | 0,25 | 0,2 | 0,15 |
| 7. Простота эксплуатации | 0,06 | 2 | 3 | 5 | 0,12 | 0,18 | 0,3 |
| 8. Эксплуатация в широком диапазоне рабочих температур | 0,05 | 3 | 4 | 4 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| 9. Возможность подключения к ПК | 0,09 | 5 | 2 | 1 | 0,45 | 0,18 | 0,09 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Цена установки | 0,04 | 2 | 3 | 5 | 0,08 | 0,12 | 0,2 |
| 2. Стоимость обслуживания | 0,03 | 2 | 3 | 4 | 0,06 | 0,09 | 0,12 |
| 3. Срок эксплуатации | 0,05 | 5 | 4 | 3 | 0,25 | 0,2 | 0,15 |
| 4. Необходимость обучения персонала | 0,03 | 1 | 3 | 4 | 0,03 | 0,09 | 0,12 |
| Итого | 1 | 46 | 41 | 45 | 4,23 | 3,1 | 3,05 |

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i -го показателя.

Исходя из результатов анализа, микропроцессорное реле получило наивысший балл по сравнению с другими конкурентами (K=4,23), следовательно, будем исследовать данный тип реле.

6.3 SWOT-анализ

В данном разделе будет произведён SWOT-анализ, который поможет определить:

- Сильные стороны и преимущества микропроцессорного реле, которые можно задействовать в стратегии его внедрения в отрасль электроэнергетики;
- Слабости и уязвимости микропроцессорного реле в конкурентной борьбе с другими типами реле;
- Благоприятные возможности для его развития;
- Риски и наиболее эффективные действия для защиты от них.

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

| | | |
|--|---|--|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота в эксплуатации;</p> <p>С2. Высокая безопасность и надёжность во время работы;</p> <p>С3. Малогабаритные размеры;</p> <p>С4. Большой срок эксплуатации;</p> <p>С5. Высокая точность измерения;</p> <p>С6. Возможность вывести измеримые величины на дисплей ПК и шкафа РЗ.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость;</p> <p>Сл2. Необходимость обучения персонала;</p> <p>Сл3. Малая ремонтпригодность;</p> <p>Сл4. Большая подверженность к высоким и низким температурам.</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Развитие данной отрасли в России;</p> <p>В2. Поддержка со стороны государства для развития технологий в данной отрасли;</p> | <p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>Введение в структуру схему микропроцессорного реле, позволит продлить срок эксплуатации РЗ, повысить надёжность защиты</p> | <p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>Введение нового технологически развитого оборудования, а именно микропроцессорного реле приведёт затратам на</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>В3. Появление спроса на продукт с передовыми технологиями;</p> <p>В4. Возможность сотрудничества с мировыми передовыми компаниями;</p> <p>В5. Привлечение молодых инженеров в развивающуюся отрасль.</p> | <p>защищаемого объекта и привлечёт поддержку в развитии технологии со стороны государства, что позволит постоянно совершенствовать технологию микропроцессорной релейной защиты до высокого стандарта качества, сравнимое с мировыми производителями.</p> | <p>обучение и пере классификацию персонала, дополнительным затратам для проникновения данного типа реле на рынок.</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии из-за экономически сложившейся ситуации в стране;</p> <p>У2. Отсутствие стимула для переоборудования защищаемых объектов;</p> <p>У3. Появление более технологически развитых конкурентных разработок.</p> | <p>Сильные стороны и угрозы:</p> <p>Внедрение микропроцессорного реле позволит уменьшить количество аварий, связанных с несрабатыванием релейной защиты, что приведёт к увеличению спроса на данный тип реле и появится стимул к переоборудованию ЛЭП, а также постоянное усовершенствование данного типа реле позволит сохранить лидирующие позиции на рынке.</p> | <p>Слабые стороны и угрозы:</p> <p>Большая стоимость оборудования, средства необходимые для обучения персонала могут привести к тому, что выделенного бюджета не хватит для переоборудования линий электропередач, что приведёт к отсутствию стимула для дальнейшей замены старых типов реле.</p> |

Из анализа видно, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабых, следовательно, микропроцессорное реле имеет большие шансы конкурировать с остальными типами реле и занять лидирующее место на рынке.

6.4 Планирование научно-исследовательских работ

6.5 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе определим, какие этапы работ нужно выполнить в НТИ, распределим заданные этапы работы между руководителем и инженером, установим продолжительность их выполнения.

Таблица 5 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|--|-------|--|-----------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель |
| | 2 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель |
| Выбор направления исследований | 3 | Подбор и изучение материалов по теме | Инженер |
| | 4 | Описание объектов первой и второй периферии защищаемой линии | Инженер |
| | 5 | Разработка структурной схемы защищаемого объекта | Инженер |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 6 | Выбор типа исполнения защиты | Инженер |
| | 7 | Выбор устройств РЗиА | Инженер |
| | 8 | Расчет параметров РЗиА | Инженер |
| | 9 | Технико-экономические расчеты | Инженер |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 10 | Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды | Инженер |
| Обобщение и оценка результатов | 11 | Оценка эффективности полученных результатов | Руководитель |

6.6 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта

В данном разделе определим трудоемкость работы инженера и руководителя и построим диаграмму Гантта, которая характеризует даты начала и окончания выполнения работ.

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 6.

Таблица 6 – Обозначение величин

| Обозначение | Расшифровка | Единицы измерения |
|-------------|---|-------------------|
| $t_{ожі}$ | Ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы | чел.-дни |
| t_{mini} | Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы | чел.-дни |
| t_{maxi} | Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы | чел.-дни |

| | | |
|----------|---|-----|
| T_{ki} | Продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях | дни |
| T_{pi} | Продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях | дни |

Таблица 7 – Временные показатели проекта

| Название работы | Трудоёмкость работ | | | | | | Длительность работ в рабочих днях T_{pi} | | Длительность работ в календарных днях T_{ki} | |
|--|----------------------------|---------|----------------------------|---------|---------------------------|---------|---|---------|---|---------|
| | t_{mini} человеко-дни | | t_{maxi} человеко-дни | | $t_{ожи}$ человеко-дни | | | | | |
| | Руководитель | Инженер | Руководитель | Инженер | Руководитель | Инженер | Руководитель | Инженер | Руководитель | Инженер |
| Составление и утверждение технического задания | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 3 | |
| Подбор и изучение материалов по теме | | 3 | | 5 | | 4 | | 4 | | 6 |
| Календарное планирование работ по теме | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 4 | |
| Описание объектов первой и второй периферии защищаемой линии | | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 3 |
| Разработка структурной схемы защищаемого объекта | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 |
| Выбор типа исполнения защиты | | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Выбор устройств РЗиА | | 1 | | 2 | | 2 | | 2 | | 3 |
| Расчет параметров РЗиА | | 4 | | 5 | | 5 | | 5 | | 7 |
| Технико-экономические расчеты | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 |
| Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 |
| Оценка эффективности и полученных результатов | 3 | | 5 | | 4 | | 4 | | 6 | |
| Составление пояснительной записки | | 4 | | 6 | | 5 | | 5 | | 8 |

Пример расчёта

Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

Продолжительность работы в рабочих днях:

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

Коэффициент календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

Продолжительность работы в календарных днях:

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

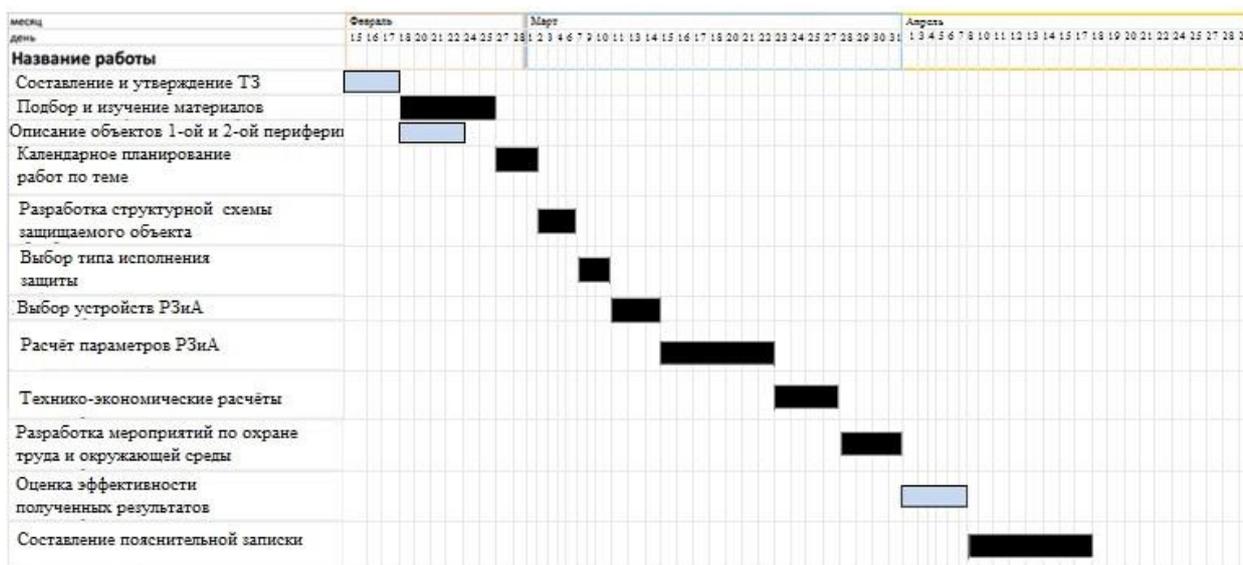


Рисунок 2 – График Гантта:

[Light Blue] - Руководитель
 [Black] - Инженер

В ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Гантта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Итоговая длительность выполнения проекта в календарных днях составила 37 день: 8 дней – длительность работ, выполняемых научным работником; 29 дней – длительность работ, выполняемых инженером.

6.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

6.8 Расчет материальных затрат

К материальным затратам или расходным материалам относятся: бумага, картриджи для принтера, плоттера, канцелярские принадлежности, носители информации и др.

В таблице 8 представлены статьи материальных затрат, связанных с выполнением проекта.

Таблица 8 – Материальные затраты

| Материал | Единица измерения | Кол-во | Цена за ед.,руб. | Затраты на материалы, (Зм), руб |
|-----------------------|-------------------|--------|------------------|---------------------------------|
| Бумага для принтера | упаковки | 1 | 205 | 205 |
| Скоросшиватели | штуки | 1 | 56 | 56 |
| Бумага писчая | упаковки | 1 | 100 | 100 |
| Картридж для принтера | штуки | 1 | 450 | 450 |
| Мультифоры | штуки | 50 | 1 | 50 |
| Ручки, карандаши | штуки | 2 | 20 | 40 |
| Степлер | штуки | 1 | 85 | 85 |
| Итого: | | | | 986 |

По таблице 8 материальные затраты на выполнение данного научно-технического исследования составляют 986 рублей.

6.9 Расчет затрат на программное обеспечение

Осуществим анализ необходимого оборудования, который потребуется для выполнения научного исследования.

Таблица 9 – Затраты на программное обеспечение

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед. руб. | Затраты на оборудовани, руб. |
|-------------------------------|-------------------|------------|------------------|------------------------------|
| Программный комплекс АРМ СРЗА | шт. | 1 | 694 500 | 694 500 |
| ПК | шт. | 1 | 16 990 | 16 990 |
| Принтер | шт. | 1 | 6 990 | 6 990 |
| Microsoft Office | шт. | 1 | 5 199 | 5 199 |
| Итого: | | | | 723 679 |

Затраты на амортизацию лицензионного программного обеспечения Microsoft Office (стоимость – 5 199 руб.), ПК (стоимость – 16 990 руб.) и принтера (стоимость – 6 990 руб.) используемого в данном проекте не учитываются, т.к. стоимость не превышает 40 тыс.руб.

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дней использ.}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{694500 \cdot 20}{3 \cdot 365} = 12\,685 \text{ руб.}$$

Таким образом, амортизационные отчисления составили 12 685 руб.

6.10 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{60450 \cdot 10,4}{237} = 2652,66 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Инженер |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные дни | 52 | 52 |
| - праздничные дни | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 48 | 48 |
| - невыходы по болезни | 14 | 14 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 237 | 237 |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 31000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 60450 \text{ руб.}$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 11

Таблица 11 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители | Z_{TC} , руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_m , руб. | $Z_{дн}$, руб. | T_p , раб.дн. | $Z_{осн}$, руб. |
|-----------------|--------------------|----------|-------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|
| Руководитель | 31000 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 60450 | 2652,66 | 29 | 76927,14 |
| Инженер | 17000 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 33150 | 1454,68 | 29 | 42185,72 |
| Итого $Z_{осн}$ | | | | | | | | 119112,86 |

Таким образом затраты на основную заработную плату составили 119 112,86 рублей.

6.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Руководитель:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 76927,14 = 9231,25 \text{ руб}$$

Инженер:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 42185,72 = 5062,29 \text{ руб}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

6.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления идут на:

- государственное социальное страхование (ФСС);
- пенсионный фонд (ПФ);
- медицинское страхование (ФФОМС).

Руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (76927,14 + 9231,25) = 26019,8 \text{ руб}$$

Инженер:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (42185,72 + 5062,29) = 14268,9 \text{ руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2020 году равен 30,2%.

Таким образом страховые отчисления составили 40 288,7 руб.

6.13 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{м}} + A) \cdot 0,16 = \\ &= (119112,86 + 14293,54 + 40288,7 + 353 + 12685) \cdot 0,16 = 29877,3 \end{aligned}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом накладные расходы составили 29 877,3 руб.

6.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Подведём итог затрат на научно-исследовательский проект по разработке противоаварийной автоматики и релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Асино-220 – Первомайская Томской энергосистемы.

Таблица 12 – Бюджет затрат НИИ

| № | Наименование статьи | Сумма, руб. | В % к итогу |
|---|--|-------------|-------------|
| 1 | Материальные затраты НИИ | 986,0 | 0,295 |
| 2 | Амортизация | 12685 | 10,586 |
| 3 | Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 119112,86 | 52,916 |
| 4 | Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 14293,54 | 6,35 |
| 5 | Отчисления во внебюджетные фонды | 40288,7 | 16,061 |
| 6 | Накладные расходы | 29877,3 | 13,793 |
| 7 | Бюджет затрат НИИ | 217243,4 | 100 |

Наибольшей статьёй расходов оказалась зарплата (основная и дополнительная). Итоговая сумма необходимая на выполнение проекта составила 217,243 тыс. рублей.

6.15 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 13 - Сравнительная оценка характеристик проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Балльная оценка разработки |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 1. Высокая точность измерения | 0,3 | 5 |
| 2. Безопасная и надёжная эксплуатация | 0,25 | 5 |
| 3. Многофункциональность | 0,13 | 5 |
| 4. Малые габариты | 0,12 | 4 |
| 5. Высокий срок эксплуатации | 0,20 | 4 |
| Итого: | 1 | 4,45 |

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,13 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 = 4,68$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,68 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение:

1. Оценочная карта сравнения технических решений конкурентов показала, что среди реле, наилучшими показателями конкурентоспособности обладает микропроцессорное реле, поэтому использование данного реле при проектировании будет наиболее эффективным.

2. SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей. Сильные стороны проекта: оборудование высокого качества, большой срок службы.

3. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Согласно составленному плану работ длительность трудовой занятости сотрудников исследовательского проекта составила 37 дня (29 дней – занятость инженера, 8 дней – длительность работы руководителя). На основе временных показателей

по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Гантта, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это расчет параметров РЗиА.

4. Бюджет научно-технического исследования составил 217 243 руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (986 руб.), амортизационных отчислений (12 685 руб.), затрат на оплаты труда (119 112,86 руб.), отчислений во внебюджетные фонды (40 288,7 руб.) и накладных расходов (29 877,3 рубля).

5. Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении ничуть не уступает остальным вариантам с позиции ресурсосбережения.

6. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности, в котором было установлено, что проектирование микропроцессорного реле является более эффективным по сравнению с аналогами. Длительность работ исполнителей проекта составляет 29 дней для руководителя и 8 дней для инженера. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 217 243 руб. Проект экономически целесообразен, что определено при помощи показателя ресурсоэффективности проекта.

7. Капиталовложения в размере 217 243 рублей позволят реализовать разработанный проект по расчёту противоаварийной автоматики и релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Асино-220 – Первомайская Томской энергосистемы. Микропроцессорное реле позволит оптимизировать работу энергосистемы и сохранять синхронизм при малых возмущениях системы.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------|-----------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-5А6А1 | Моор Андрею Ивановичу |

| | | | |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| Школа | Инженерная школа энергетики | Отделение (НОЦ) | Электроэнергетики и электротехники |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |

Тема ВКР:

Проектирование релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Асино-220 – Первомайская Томской энергосистемы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Рабочее место инженера РЗА, инженера-проектировщика, куратора работ, представляет собой помещение, внутри которого находятся пользовательские компьютеры, офисное оборудование, шкафы с различной документацией. |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место должно соответствовать нормам. |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Вредные и опасные факторы: - Отклонение показателей микроклимата - Превышение уровня шума - Повышенный уровень электромагнитного излучения - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека |
| 3. Экологическая безопасность: | - анализ воздействия объекта на атмосферу: отсутствует - анализ воздействия объекта на литосферу: бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ. анализ воздействия объекта на гидросферу: отсутствует |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Наиболее вероятным ЧС может быть пожар в здании |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Антоневич Ольга Алексеевна | к.б.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------|----------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-5А6А1 | Моор Андрей Иванович | | |

7. Социальная ответственность

Целью данной ВКР является проектирование релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Асино-220 – Первомайская Томской энергосистемы. Данная экспериментальная установка предназначена для приема, преобразования и распределения электрической энергии т.е. были проведены все необходимые технические расчеты с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. Экспериментальная установка находится в лаборатории в 8 корпусе ТПУ.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место в лаборатории 8 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте. Рабочее место сотрудника лаборатории 8 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [9].

7.2 Производственная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Разрабатываемый проект подразумевает использование ЭВМ, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке проекта или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [10]. Перечень опасных

и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблице 14 [10].

Таблица 14 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|--|-------------|---------|--------------|--|
| | Разработка | Отладка | Тестирование | |
| Повышенный уровень электромагнитного излучения | + | + | + | - СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». |
| Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | + | - СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" |
| Превышение уровня шума | + | + | + | - СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. |
| Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | - СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. |
| Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | + | + | + | - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность |
| Статические физические нагрузки | + | + | + | Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. |
| Перенапряжение анализаторов | + | + | + | - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. |

Отклонение показателей микроклимата

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев [11].

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в табл. 15, в соответствии СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [11].

Отопление лаборатории и корпуса в целом водяное с применением радиаторов, что обеспечивает постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. В рабочем помещении имеется как естественная вентиляция, так и принудительная. Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей

Таблица 15 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура а воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | Ia (до 139) | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |
| Теплый | Ia (до 139) | 23-25 | 22-26 | 60-40 | 0,1 |

Температура должна находиться на уровне 21–25 °С, относительная влажность – 40–60 %, уровень аэроионов – от 400–600 до 50 000 (оптимальный – 1500–5000).

Влажность в помещении 8 корпуса ТПУ составляет 40-60%. Более высокая влажность крайне нежелательна, потому что может плохо повлиять на технику и документы. Намного более распространена противоположная проблема: слишком сухой воздух. Увлажнитель воздуха как правило, это самый простой выход в случае, если влажность в кабинете не соответствует норме

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Источниками света могут быть как естественные, так и искусственные объекты. Естественным источником в помещении служит солнце, искусственными являются электрические лампочки. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности и при нарушении других параметров световой среды зрительное восприятие снижается, развивается близорукость, болезнь глаз, появляются головные боли [12].

По нормативу СанПиН 1.2.3685-21 [12] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Повышенный уровень шума

Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Предельно допустимые уровни шума для объектов типа аудитории для теоретических разработок нормируются ГОСТ 12.1.003-2014. Значения представлены в табл. 16 (для постоянных шумов).

Таблица 16 – Значения ПДУ шума

| Рабочее место | Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука дБА |
|-----------------------------------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Конструкторские бюро, лаборатории | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения от ЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 30 дБА. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [15], при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

Меры снижения шума на рабочем месте. Один из способов снизить шум на рабочем месте, можно с помощью уменьшение шума в источнике. Рекомендуется такое мероприятие, как использование наименее шумного оборудования. В частности, установку вентиляторов меньшей мощности, удовлетворяющих условиям работы оборудования.

В данной работе уровень шума на рабочем месте соответствует указанным нормам.

Повышенный уровень электромагнитного излучения.

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет существенную опасность для человека, по сравнению с другими вредными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы). В рассматриваемом случае источником электромагнитного излучения является компьютерная техника. Длительное воздействие интенсивных электромагнитных излучений промышленной частоты может вызывать повышенную утомляемость, появление сердечных болей, нарушение функций центральной нервной системы [3].

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в табл. 17, в соответствии СанПиН 2.2.4.1191 - Электромагнитные поля в производственных условиях [22].

Таблица 17 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

| Наименование параметров | | ВДУ ЭМП |
|--|------------------------------------|---------|
| Напряжённость электрического поля | В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц | 25 В/м |
| | В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного потока | В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц | 250 нТл |
| | В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц | 25 нТл |
| Напряженность электростатического поля | | 15 кВ/м |

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [18]. В ходе работы использовалась ПЭВМ со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В [22].

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПЭВМ (ПК) и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека.

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ; при прикосновении к нетокведущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции; при соприкосновении с полом и стенами,

оказавшимися под напряжением; при возникновении короткого замыкания в электроприборе.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [21]:

изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними; установки защитного заземления; наличие общего рубильника; своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Значения напряжения прикосновения и силы тока, протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, приведенных в табл. 18 [21].

Таблица 18 – Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

| Род и частота тока | Наибольшие допустимые значение | |
|--------------------|--------------------------------|------------|
| | $U_{пр}$, В | I_h , мА |
| Переменный, 50 Гц | 2 | 0,3 |
| Переменный, 400 Гц | 3 | 0,4 |
| Постоянный | 8 | 1,0 |

Перенапряжение анализаторов

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха СП 2.4.3648-20 [13].

Основные меры по уменьшению влияния монотонности и эмоциональной напряженности на человека:

- Осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;

- Применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;

- Делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела.

Статические физические нагрузки

При работе в позе сидя предусматривается режим труда и отдыха, включающие обеденный перерыв не менее 40 мин и перерывы по 5-10 мин через каждый час работы для профилактики застойных явлений в малом тазу. В перерывах в первую половину смены необходимо проводить физические упражнения для смены статической нагрузки динамической, а во вторую половину смены - дополнительно самомассаж спины, рук и ног для снятия статического напряжения и нормализации кровообращения [13].

Экологическая безопасность

Установка в данной ВКР не имеет производственных масштабов, ее производство и эксплуатация не оказывает заметного влияния на окружающую среду.

Возникающие в процессе производства деталей установки твердые бытовые отходы (такие как бумага, орг.техника, светильники) идут на хранение и утилизацию на специальных мусорных полигонах согласно Федеральному закону "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ и Федеральному закону "О драгоценных металлах и драгоценных камнях" от 26.03.1998 N 41-ФЗ. Бумага сначала складывается и упаковывается, после отправляется в пункт приема макулатуры, после которого она идет на переработку. Люминесцентные лампы сдаются районные ДЕЗ или РЭУ, которые в дальнейшем утилизируют их. Современная вычислительная техника содержит в себе компоненты, представляющие угрозу как для человека, так и для окружающей среды. В частности, наиболее опасными веществами являются: свинец, ртуть, никель, а также различные щёлочи. Эти вещества поражают нервную систему человека, а также вызывают химические слизистых

оболочек и кожных покровов. Поэтому микропроцессорная техника, на основе которой выполнена защита, требует специальных мер по утилизации [16].

В данный комплекс мероприятий входят: отделение металлических частей от неметаллических, отправка металлических компонентов на переплавку, переработка пластиковых и других неметаллических компонентов прибора.

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории, где проводились эксперименты, возможен такой вид техногенной чрезвычайной ситуации, как пожар.

Для повышения устойчивости работы экспериментальной установки в ЧС предусмотрена установка источника бесперебойного питания, которое обеспечивает безопасную остановку работы установки в условиях нарушения электро- и водоснабжения. Также предусматривается формирование запасов медицинских и прочих санитарных средств.

Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований

Основную опасность представляет возгорание. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;

- искрение;
- статическое электричество.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В качестве превентивных мер по предотвращению пожаров в помещении используются такие меры как: не менее одного раза за полгода необходимо проводить со всеми работниками противопожарный инструктаж; необходимо проводить обучение всех работников правилам противопожарной безопасности; внедрение инструктивных материалов наглядной агитации, регламентов и норм ведения технологического процесса в помещении; необходимо устраивать противоаварийные работы с распределением выполнения работ при аварийных ситуациях [19].

В рассматриваемой рабочей зоне (открытое распределительное устройство), для увеличения противопожарной устойчивости: периодический осмотр состояния оборудования, при необходимости вывод его в ремонт; содержание в исправном состоянии токоведущих проводников, обеспечение беспрепятственного подхода, подъезда и отхода от оборудования; благоустройство территории открытого распределительного устройства, скашивание травы.

В помещениях для оповещения рабочего персонала о наличии ЧС предусмотрено звуковое оповещение, происходящее при срабатывании датчиков на задымление в помещениях.

Для локализации или ликвидации возгорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м.

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для того чтобы чётко обозначить пути эвакуации, эвакуационные выходы, обеспечивающие безопасность процесса организованного самостоятельного движения людей из помещений, а также указать расположение пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напомнить о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации [19].

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

1. Использование только исправного оборудования;
2. Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
3. Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
4. Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
5. Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
6. Курение в строго отведенном месте;
7. Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Выводы

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся профессиональная социальная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС и правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности. Следуя указаниям данного раздела, снижаются факторы, вредящие окружающей среде и факторы, которые негативно отражаются на рабочем персонале.

В части производственная безопасность были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе исследовательского процесса. К ним относятся отклонение параметров микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны и поражение электрическим током. Все эти факторы при превышении установленных норм негативно влияют на здоровье человека, вызывая долгосрочные ухудшения его состояния или травмы. Данный раздел имеют важную практическую значимость, которая не позволяет личному составу получать вред в период работы или отдыха.

Рассмотрели наиболее чрезвычайную ситуацию в лаборатории, которая может нанести ущерб жизни человека и порядок действия при этих ЧС.

Заключение

Основные результаты, полученные в выпускной работе, заключаются в следующем:

Для ведения сетевой информации совместно с графическим изображением схемы замещения в программе АРМ СРЗА были подготовлены расчетные данные рассматриваемого района, подготовлены расчеты уставок защит первой периферии для рассматриваемой линии.

Учитывая условия сохранения устойчивости, надежной защиты линии и смежных присоединении были установлены и рассчитаны уставки комбинированной отсечка по току и напряжению и токовой защиты нулевой последовательности. Расчеты показали, что выбранные уставки удовлетворяют требованиям чувствительности.

Список литературы

1. Правила устройств электроустановок - 6-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. Федосеев А. М., Федосеев М. А. Релейная защита электроэнергетических систем, - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 1992. - 528 с.
3. Проектирование микропроцессорных защит элементов электрических сетей напряжением 110–220 кВ : учебно-методическое пособие / В.П. Федотов, С.С. Старосельников, Л.А. Федотова.— 2-е изд., перераб. и доп.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 268 с.
4. Чернобровов Н.В., Семёнов В.А. Релейная защита энергетических систем – М. Энергоатомиздат 1998. 800 с.
5. Авербух А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. Л.: Энергия, 1975. - 416 с.: с ил.
6. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита от замыкания на землю линий 110-750 кВ. Расчеты. - М.: Энергия, 1980.-88 с.
7. Лучко Д.И. Методические указания по техническому обслуживанию токовой защиты ПДЭ 2002 – М., СПО Союзтехэнерго, 1984.
8. ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
9. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 03.07.2016).
10. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016.
11. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 13.06.2003 г.

12. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

13. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197;

15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г.

16. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.– М.: ИПК Издательство стандартов, 1976

17. СНиП 21-01-97 от 1998-01-01 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

18. ГОСТ 12.1.002 – 84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Введ. 1986-01-01. Текст. М.: Изд-во стандартов, 2009. 7 с.

19. ГОСТ Р 22.0.02.-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. Введ. 1996-01-01. Текст. М.: Изд-во стандартов, 1994. 16 с.

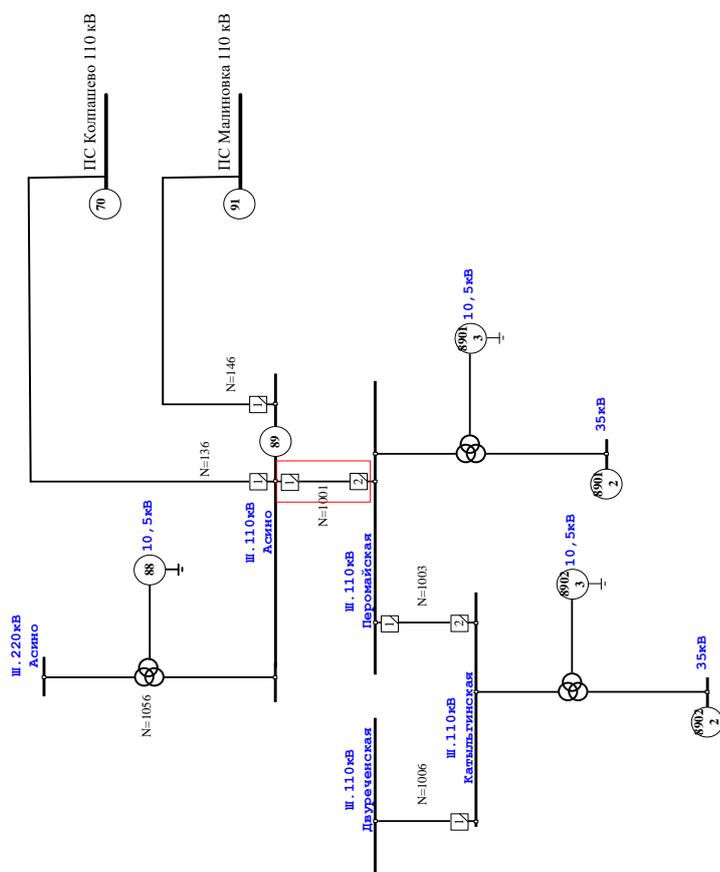
20. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.

21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность

22. СанПин 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях

Приложение А

ДП-ФЮРА.3710000.081.32



| | | | |
|--------------|---|----|---|
| Лист | 1 | из | 1 |
| Деталь | | | |
| Исполнитель | | | |
| Проверенный | | | |
| Утвержденный | | | |
| Дата | | | |
| Подпись | | | |
| Деталь | | | |
| Лист | | | |
| Из | | | |
| Деталь | | | |
| Исполнитель | | | |
| Проверенный | | | |
| Утвержденный | | | |
| Дата | | | |
| Подпись | | | |

ДП-ФЮРА.3710000.081.32

Схема электрических соединений
системного района линии
110кВ Колпашино Асино -
подстанции
Перомаянская Голышай ЭЭС

ТПУ ИДО

